

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS**

Programa de Pós-Graduação em Toxicologia e Análises Toxicológicas

**Compostos tóxicos e genotóxicos em água subterrânea- critérios de  
qualidade ambiental**

Simone Valente Campos

Tese para obtenção do grau de

**DOUTOR**

Orientadora:

Profa Dra Elizabeth de Souza Nascimento

**São Paulo**

**2006**

**CAPÍTULO 2- CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO-  
COMPARAÇÃO DE DIFERENTES REGULAMENTAÇÕES**

## **CAPÍTULO 2-**

### **CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO- COMPARAÇÃO DE DIFERENTES REGULAMENTAÇÕES**

#### **1. INTRODUÇÃO**

A água pode possuir valores máximos de concentração de contaminantes para diferentes finalidades, como para consumo humano (critérios de potabilidade), irrigação, recreação, dessedentação de animais, para aquicultura e consumo humano de alimentos aquáticos e para a proteção da biota.

Diversos países possuem apenas valores máximos de qualidade para a potabilidade da água, alguns pela classificação da água segundo a qualidade exigida para grupos de uso concomitantes, como o Brasil, e outros países apresentam uma classificação individual para os diferentes usos, como Canadá, Argentina, Austrália e Nova Zelândia.

Ao contrário do que se imagina, os critérios de potabilidade podem não ser os mais restritivos para as substâncias químicas. A água considerada potável pode possuir valores que não são compatíveis com outros usos como proteção da biota aquática, irrigação, entre outros. Exemplificando, pode-se observar que o valor máximo para o cromo para consumo humano é entre 50 a 100 $\mu$ g/L, porém, para a proteção da biota aquática este valor é inferior, ou seja 11 $\mu$ g/L (ENVIRONMENT CANADA, 2003; UNITED STATES, 2004). O fluoreto possui valor de potabilidade aproximado de 1500 $\mu$ g/L (ENVIRONMENT CANADA, 2003;

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004), para irrigação o valor limite é de 1000µg/L (FAO, 1972; FIPPS, 1999; AUSTRALIAN & NEW ZEALAND, 2000; ENVIRONMENT CANADA, 2003). E assim, outras substâncias químicas também apresentam diferentes valores máximos para os diversos usos da água, pois protegem diferentes organismos-alvo, que tem sensibilidades variáveis, baseando-se em diferentes cenários de exposição.

A resolução brasileira que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais do Território Nacional (CONAMA de 2005), referenciada neste trabalho como CONAMA 357 (Anexo 5), possui uma classificação por grupos de uso, ou seja, uma mesma classe exige qualidade de água para diversos usos concomitantes. Por exemplo, para classe 1 os usos preponderantes são abastecimento humano após tratamento simplificado, proteção das comunidades aquáticas, irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, recreação entre outros usos (BRASIL, 2005). O Capítulo II Seção I Artigo 4º da referida legislação apresenta a classificação dos corpos de água superficiais, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes e o Capítulo III Seção II estabelece as condições e padrões de qualidade das águas para cada classe, fornecendo tabelas com os valores máximos permitidos para as substâncias químicas para as diferentes classes (BRASIL, 2005). Sendo assim, teoricamente um corpo de água superficial enquadrado numa determinada classe poderia ser utilizado com segurança para todos os usos previstos em tal classe, caso atendesse os valores máximos permitidos propostos. Porém, na formulação da referida legislação foram levados

em consideração principalmente valores máximos para potabilidade e proteção da biota aquática, pois esses dados são facilmente encontrados na literatura para todas as substâncias químicas de importância e por serem geralmente os valores mais restritivos (UMBUZEIRO, 2005). Somente os valores limite para o cobalto, lítio e vanádio parecem ter sido baseados em irrigação, já que não são encontrados nas regulamentações valores máximos destes compostos para potabilidade e proteção da biota aquática, provavelmente devido à sua baixa toxicidade em relação a estes organismos-alvo e devido à importância destas substâncias com relação aos efeitos de fitotoxicidade.

Outra suposição inadequada é a de que a água destinada para irrigação deva atender os valores máximos para as substâncias químicas segundo os apresentados na Resolução CONAMA 357, classes 1, 2 e 3. Se assim fosse, a água usada para consumo humano também deveria atender os valores máximos da CONAMA 357, que não é o que ocorre, pois os critérios de potabilidade que são utilizados no país são aqueles citados na Portaria 518 (BRASIL, 2004). Comparando-se essas duas legislações, verifica-se que para determinadas substâncias químicas os valores máximos permitidos podem ser muito diferentes, por exemplo para o cádmio, o valor máximo para classe 1 no CONAMA 357 é 1 µg/L e para a Portaria 518 é 5 µg/L (BRASIL, 2004; BRASIL, 2005). Ou ainda, o valor limite para o cobre para classe 1 no CONAMA 357 é 9 µg/L e para a Portaria 518 é 2000 µg/L (BRASIL, 2004; BRASIL, 2005).

Isto se deve ao fato de que como as substâncias foram legisladas com um mesmo valor para os diferentes usos na Resolução CONAMA 357, foi necessário

considerar o valor mais restritivo dentre todos os usos para garantir a qualidade da água para todas as finalidades daquela classe. Utilizando o menor valor, podemos inviabilizar a utilização da água, quando esta poderia ser usada para uma finalidade cujo valor padrão não é tão baixo. Como consequência, podemos ter desperdício ou utilização inadequada do recurso hídrico. Por isso, países como o Canadá, a Argentina e a Austrália/Nova Zelândia, diversos estados americanos e agências internacionais como a FAO e WHO apresentam valores máximos individuais para cada uso da água como já comentado anteriormente.

Embora seja evidente que ter valores máximos individuais para os diferentes usos seja mais pertinente, até o momento, vários países, inclusive o Brasil, definiram somente critérios para consumo humano de forma individualizada, sendo clara a necessidade de se adotar critérios de qualidade específicos para os outros usos.

O objetivo deste trabalho é uma revisão dos valores máximos permitidos para o uso da água, seja ela de origem superficial ou subterrânea, destinada à irrigação, publicados nas páginas eletrônicas dos respectivos órgãos responsáveis de diferentes países ou estados. Esta revisão se restringe às substâncias químicas, excluindo-se os parâmetros físicos e microbiológicos. Futuramente, serão realizadas revisões sobre os valores máximos para os demais usos da água, completando assim uma série de trabalhos que tem como principal objetivo dar subsídios para o futuro estabelecimento de padrões brasileiros de qualidade de água baseados em usos individualizados, levando a gestão mais racional dos recursos hídricos.

### **1.1. O uso da água para irrigação**

Em termos gerais, a irrigação costuma ser vista apenas como um benefício, por promover a expansão e a intensificação da agricultura. Quando são avaliados os potenciais de irrigação para produção agrícola, geralmente só são considerados os fatores financeiros e técnicos, em detrimento dos ambientais e sociais. Como consequência, a prática de irrigação pode provocar aumento da erosão, contaminação do solo e conseqüente contaminação da vegetação, poluição das águas superficiais e subterrâneas, entre outros efeitos (URAMA, 2005).

O escoamento superficial da água proveniente da irrigação carrega sais, fertilizantes, praguicidas e outros poluentes para as águas superficiais, causando efeitos nocivos aos organismos aquáticos, além de prejudicar o homem em relação à má qualidade da água que será utilizada para diversas finalidades. Por outro lado, o processo de infiltração da água utilizada na prática de irrigação pode causar contaminação do solo, das plantas e das águas subterrâneas (URAMA, 2005).

Até recentemente, a preocupação com a qualidade da água para a irrigação estava centrada no parâmetro salinidade (ENVIRONMENT CANADA, 1993). Altos níveis de sais solúveis no solo podem resultar na redução da produtividade agrícola ou na eliminação da plantação e vegetação nativa (AUSTRALIA & NEW ZEALAND, 2000). Por outro lado, a preocupação com o impacto de praguicidas, metais, íons e outras substâncias no meio ambiente vem aumentando, o que tem promovido o desenvolvimento de critérios de qualidade para o uso da água na irrigação (ENVIRONMENT CANADA, 1993).

Roychowdhury et al. (2005), enfatizaram a importância da qualidade da água usada na irrigação ao verificar a presença de altas concentrações de arsênio na água subterrânea que era destinada à irrigação na Índia. Também foram encontradas elevadas concentrações desta substância no solo e nas plantas. Nas regiões mais severamente afetadas, já tinha sido relatada a presença de lesões cutâneas em alguns indivíduos da população, causadas pela exposição ao arsênio.

Alguns países, tais como a Argentina, Austrália, Canadá e Nova Zelândia têm demonstrado uma grande preocupação com esse assunto, e por isso desenvolveram protocolos cautelosos para a derivação de valores máximos permitidos para água usada na irrigação, fundamentados em uma extensa revisão da literatura internacional. Esses protocolos sugerem que para a determinação dos valores máximos permitidos na irrigação, deve ser realizada uma extensa pesquisa na literatura científica, identificação das substâncias químicas prioritárias, informações sobre as propriedades físico-químicas, a concentração e distribuição ambiental, o potencial de bioacumulação, e a toxicidade aguda e crônica para diferentes espécies vegetais nativas ou de relevância para o país (ENVIRONMENT CANADA, 1993; AUSTRALIA & NEW ZEALAND, 2000; ARGENTINA, 2005a).

Outros parâmetros também devem ser considerados nos estabelecimentos desses valores, tais como as condições climáticas da região e as características físico-químicas do solo, como fertilidade, pH, textura, estrutura, porcentagem de argila, fração de lixiviação, dentre outras que são fundamentais para poder estimar a quantidade das substâncias químicas que poderão ser aplicadas ao solo através



da água de irrigação. As condições climáticas também podem interferir na concentração das substâncias no solo. Por exemplo, em regiões de temperaturas elevadas ou em condições de seca, pode haver um aumento na taxa de evapotranspiração das plantas, resultando na elevação da concentração de íons e contaminantes no solo, provenientes das águas de irrigação (AUSTRALIA & NEW ZEALAND, 2000).

### **1.1.1. Estabelecimento de valores máximos permitidos para o uso da água na irrigação**

Para compreender a complexidade do assunto e a importância de desenvolver valores máximos de caráter nacional é fundamental a verificação de quais variáveis estão envolvidas quando são estabelecidos os critérios de qualidade para água que será destinada à irrigação.

Atualmente, os protocolos destinados à obtenção de valores máximos das substâncias químicas para o uso da água na irrigação são em geral fundamentados em valores de fitotoxicidade e independem da origem da água. Fatores como a proteção humana, através do consumo de frutas, verduras e etc e a proteção de organismos relevantes do solo nem sempre são considerados nestas regulamentações. Sendo assim, outras normas devem ser observadas em paralelo, como as legislações para a proteção da saúde humana no que diz respeito ao consumo de alimentos.

Os parâmetros a serem regulamentados devem ser escolhidos segundo as características e necessidades de cada país ou região. O uso de determinados praguicidas e outras substâncias químicas podem variar em cada local e pode ser

específico para cada país. A utilização de algumas substâncias pode ser proibida em alguns países e permitida em outros. Isto implica que cada país deverá ter sua lista específica de substâncias químicas a serem legisladas, fundamentada em dados de uso passado e presente. Substâncias tóxicas de ocorrência natural, especialmente quando presentes em altas concentrações nas águas subterrâneas, devem também estar contempladas nesta lista.

De acordo com os protocolos do Canadá e da Argentina, o cálculo dos valores limite para o uso da água na irrigação é derivado de dados de dose-resposta para espécies de plantas sensíveis à substância em questão e de um fator de incerteza (UF), que em geral é igual a 10 ou 100 (ENVIRONMENT CANADA, 1993; ARGENTINA, 2005a). A concentração máxima permitida de caráter pleno, ou seja, obtida através de um mínimo de dados necessários, é calculada com dados de fitotoxicidade de pelo menos três estudos em três ou mais espécies cereais, forrageiras e pastos que são cultivadas no país (ENVIRONMENT CANADA, 1993; ARGENTINA, 2005a). A Argentina estabelece que essas três classes de vegetais devam estar entre os 12 primeiros lugares no *ranking* produtivo argentino segundo a incidência na superfície total cultivada do país (ARGENTINA, 2005a). Também são necessárias informações sobre no mínimo três estudos em cinco ou mais espécies restantes cultivadas, sendo pelo menos três pertencentes aos grupos das hortaliças, leguminosas e frutas (ENVIRONMENT CANADA, 1993; ARGENTINA, 2005a). O Canadá ressalta que sobre todos os estudos acima citados pelo menos dois testes devem ser de toxicidade crônica, com *endpoints* relevantes, como por exemplo, taxa de crescimento (ENVIRONMENT CANADA, 1993). Quando os dados fitotoxicológicos

não forem suficientes, podem ser estabelecidas concentrações máximas de caráter provisório, com um mínimo de dados considerado pelo país para cada espécie cultivada (ENVIRONMENT CANADA, 2003; ARGENTINA, 2005a).

Os ensaios de fitotoxicidade podem ser fundamentados nas concentrações máximas das substâncias em água de irrigação ou nas concentrações máximas no solo (ENVIRONMENT CANADA, 1993; ARGENTINA, 2005a). Os dados toxicológicos utilizados são calculados com base na menor concentração que se observa um efeito adverso, em água de irrigação ou solo (LOEC, em  $\mu\text{g/L}$  ou em  $\text{mg da substância/Kg de solo}$ ) e na concentração que não se observa efeito, em água de irrigação ou solo (NOEC, em  $\mu\text{g/L}$  ou  $\text{mg da substância/Kg de solo}$ ), divididos por um fator de incerteza (UF). No caso dos dados de fitotoxicidade serem baseados nas concentrações das substâncias na água de irrigação, a concentração máxima aceitável da substância na água de irrigação para a espécie (SMATC) será calculada diretamente através da equação (ENVIRONMENT CANADA, 1993; ARGENTINA, 2005a;):

$$\text{SMATC} = (\text{LOEC} \times \text{NOEC})^{0,5}/\text{UF}$$

No caso de não existirem estudos adequados para a água de irrigação, o cálculo pode ser feito através de dados da concentração máxima aceitável da substância no solo (ASC em  $\text{mg da substância/kg de solo}$ ), densidade do solo (D,  $\text{Kg/m}^3$ ), volume do solo (V,  $\text{m}^3/\text{hectare}$ ), e da taxa de irrigação efetiva anual (IR,  $\text{m}^3/\text{hectare}$ ) (ENVIRONMENT CANADA, 1993; ARGENTINA, 2005a):

$$ASC = (LOEC \times NOEC)^{0,5} / UF$$

e

$$SMATC = ASC \times D \times V \times /IR$$

Quando o valor de NOEC for igual a zero ou for desconhecido, usa-se  $NOEC = LOEC/4,5$ . Esta expressão foi derivada de avaliações estatísticas realizadas pela Environment Canada sobre as relações LOEC/NOEC para diversas plantas expostas a um grupo de praguicidas. O valor 4,5 representa o limite superior de um intervalo de confiança de 95% (ARGENTINA, 2005a). Se o valor de LOEC for desconhecido, a concentração máxima aceitável pode ser calculada como  $SMATC = NOEC/UF$ . Neste caso, geralmente o fator de incerteza utilizado é igual a 5 (ARGENTINA, 2005a).

Em relação aos praguicidas, os dados de fitotoxicidade são normalmente referentes às taxas de aplicação, ao invés do uso de dados de LOEC E NOEC utiliza-se a menor taxa de aplicação do ingrediente ativo com efeito observado (LOEAR, em Kg de ingrediente ativo/hectare) e a taxa de aplicação de ingrediente ativo onde não se observa efeito (NOEAR, em Kg de ingrediente ativo/hectare), obtendo-se assim a taxa de aplicação aceitável (AAR, Kg de ingrediente ativo/hectare). Desta forma, a concentração máxima aceitável do toxicante na água de irrigação para a espécie (SMATC) será:

$$\text{AAR} = (\text{LOEAR} \times \text{NOEAR})^{0,5} / \text{UF}$$

e

$$\text{SMATC} = \text{AAR} \times 10^6 / \text{IR}$$

As considerações já citadas acima, aplicadas quando o NOEC é igual a zero ou desconhecido ou quando não se conhece o valor do LOEC, também podem ser aplicadas com relação às NOEAR e LOEAR para a estimativa do AAR.

A concentração máxima aceitável da substância (SMATC), ou seja, o valor máximo permitido na água de irrigação, é obtida para cada espécie vegetal sensível e o resultado a ser utilizado corresponderá à espécie mais sensível, ou seja, ao valor mais restritivo (ENVIRONMENT CANADA, 1993; AUSTRALIA & NEW ZEALAND, 2000; ARGENTINA, 2005a).

Porém, os métodos utilizados para calcular a concentração máxima aceitável na água de irrigação podem necessitar de adaptações, pois em muitos locais pode não ser cultivada a maioria das espécies de plantas sensíveis ou ainda pode haver outras fontes de contaminação, não oriundas da prática de irrigação (ENVIRONMENT CANADA, 1993). Segundo o protocolo da Austrália/Nova Zelândia, quando são conhecidos os valores de *background* da substância no solo, pode-se calcular adicionalmente o limite cumulativo do contaminante (CCL em kg/ha) (ENVIRONMENT CANADA, 1993; AUSTRALIA & NEW ZEALAND, 2000). Este valor pode ser encontrado através da concentração máxima aceitável do contaminante no solo (ASC em mg/Kg), do valor de *background* assumido da substância no solo (BG em mg/Kg), da profundidade do

solo (Dp em metros) e da densidade do solo (D em Kg/m<sup>3</sup>) (AUSTRALIA & NEW ZEALAND, 2000):

$$CCL = \frac{(ASC-BG) \times Dp \times D}{10^2}$$

## 2. RESULTADOS

Na literatura consultada foram encontrados valores máximos permitidos especificamente para o uso da água na irrigação nas regulamentações dos seguintes países: Argentina, Austrália/Nova Zelândia e Canadá. No Peru, os valores máximos permitidos foram estabelecidos conjuntamente como uso da água para a dessedentação de animais. Também foram encontrados critérios de qualidade para irrigação recomendados pela organização internacional *Food and Agriculture Organization* (FAO) e valores adotados pelos estados do Colorado, Novo México, Nevada, Texas e Washington dos Estados Unidos.

A tabela 1 apresenta os dados dos critérios de qualidade da água para irrigação para todas as substâncias químicas e os países/estados/organizações com valores disponíveis na literatura pesquisada.

No Brasil, a CONAMA 357 classifica os corpos de água doce do Território Nacional segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes em 4 classes, sendo que em 3 delas está previsto o uso na irrigação, dentre outros usos. Na classe 1, águas destinadas à irrigação de hortaliças que são consumidas

cruas e de frutas que se desenvolvam rente ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película. Na classe 2, águas destinadas a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto. E na classe 3, águas destinadas a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras (BRASIL, 2005).

Observando a diferença entre os tipos de uso previstos nas diferentes classes, verifica-se que a legislação brasileira fundamenta-se em parâmetros microbiológicos, com a preocupação de proteger a saúde humana, no momento do consumo do alimento. No que diz respeito às substâncias químicas cujos padrões são definidos com base na fitotoxicidade, as diferentes formas de consumo humano dos alimentos não são relevantes. Portanto, as diferenças que se observa para os valores máximos permitidos estabelecidos para as diferentes classes não devem se referir à irrigação, mas sim a outros usos da água previstos na referida classe. Segundo Umbuzeiro (2005- Informe Verbal), apenas três substâncias tiveram seus valores incluídos na CONAMA 357 devido exclusivamente a sua fitotoxicidade: cobalto, lítio e vanádio. Por este motivo, somente os valores limite para estas substâncias estão apresentados na tabela 1.

Para efeito de ilustração foi elaborada a figura 1, que ilustra as diferenças entre os valores máximos permitidos para a água de irrigação para o arsênio, atrazina, boro, cobre e zinco, adotados pelos diferentes países/estados/organizações pesquisados. Nestas figuras foram incluídos também os valores previstos na CONAMA 357 para as 3 classes que incluem irrigação nos seus usos (classes 1, 2 e 3).

Tabela 1. Valores máximos das substâncias químicas para o uso de água na irrigação.

Composto	CAS number	País ou Estado	Limites ( $\mu\text{g/L}$ )	Bibliografia
Acroleína	107-02-8	Austrália e Nova Zelândia	100	3
Aldicarb	116-06-3	Argentina	157* 78+ 46 <sup>§</sup>	2
		Canadá	54,9	12
Alumínio	7429-90-5	Austrália e Nova Zelândia	5000** 20000 <sup>++</sup>	3
		Canadá	5000	12
		FAO	5000	13
		Novo México	5000	24
		Texas	5000 <sup>§§</sup> 20000 <sup>***</sup>	14
		Washington	5000	24



Amitrol	61-82-5	Austrália e Nova Zelândia	2	3
Arsênio	7440-38-2	Argentina	245*	2
			123 <sup>+</sup>	
			72 <sup>§</sup>	
		Austrália e Nova Zelândia	100**	3
			2000 <sup>++</sup>	
		Canadá	100	12
		Colorado	100	24
		FAO	100	13
		Nevada	100	24
		Novo México	100	24
		Peru	200	18
		Texas	100 <sup>\$\$</sup>	14
			2000 <sup>***</sup>	
		Washington	100	24
Atrazina	1912-24-9	Argentina	0,13*	2
			0,07 <sup>+</sup>	
			0,04 <sup>§</sup>	
		Canadá	10	12

Berílio	7440-41-7	Austrália e Nova	100**	3
		Zelândia	500 <sup>++</sup>	
		Canadá	100	12
		Colorado	100	24
		FAO	100	13
		Nevada	100	24
		Texas	100 <sup>\$\$</sup>	14
			500 <sup>***</sup>	
	Washington	100	24	
Boro	7440- 42 -8	Argentina	100	2
		Austrália e Nova	500**	3
		Zelândia		
		Canadá	500-6000	12
		Colorado	500	24
		Nevada	700	24
		Novo México	750	24
		Texas	750 <sup>\$\$</sup>	14
	2000 <sup>***</sup>			
Bromacil	314-40-9	Canadá	0,2	12

Bromoxinil	1689-84-5	Canadá	0,33	12
Cádmio	7440-43-9	Argentina	13*	2
			7 <sup>+</sup>	
			4 <sup>§</sup>	
		Austrália e Nova Zelândia	10**	3
			50 <sup>++</sup>	
		Canadá	5,1	12
		Colorado	10	24
		FAO	10	13
		Nevada	10	24
		Novo México	10	24
		Peru	50	18
		Texas	10 <sup>§§</sup>	14
	50 <sup>***</sup>			
	Washington	10	24	
Chumbo	7439-92-1	Argentina	3300 *	2
			1600 <sup>+</sup>	
			950 <sup>§</sup>	
		Austrália e Nova Zelândia	2000**	3
			5000 <sup>++</sup>	
	Canadá	200	12	

		Colorado	10	24
		FAO	5000	13
		Nevada	5000	24
		Novo México	5000	24
		Peru	100	18
		Texas	5000 <sup>§§</sup>	14
			10000 <sup>***</sup>	
		Washington	5000	24
Cianazina	21725-46-2	Canadá	0,5	12
Cloreto	16887-00-6	Canadá	100000- 700000	12
Clorotalonil	1897-45-6	Canadá	5,8	12
Cobalto	7440-48-4	Austrália e Nova Zelândia	50 <sup>**</sup> 100 <sup>++</sup>	3
		Brasil	50 <sup>+++</sup>	4
			200 <sup>§§§</sup>	
		Canadá	50	12
		FAO	50	13
		Novo México	50	24

		Texas	50 <sup>§§</sup>	14
			5000 <sup>***</sup>	
		Washington	50	24
Cobre	7440-50-8	Argentina	223 *	2
			111 <sup>+</sup>	
			65 <sup>§</sup>	
		Austrália e Nova	200 <sup>**</sup>	3
		Zelândia	5000 <sup>++</sup>	
		Canadá	200-1000	12
		Colorado	200	24
		FAO	200	13
		Nevada	200	24
		Novo México	200	24
		Peru	500	18
		Texas	200 <sup>§§</sup>	14
			5000 <sup>***</sup>	
		Washington	200	24
Crômio	-	Argentina	8 <sup>****</sup>	2
Total		Austrália e Nova	100 <sup>**</sup>	3
		Zelândia	1000 <sup>++</sup>	

		Canadá	4,9 (Cr III)	12
			8 (Cr VI)	
		Colorado	100 (Cr VI)	24
		FAO	100	13
		Nevada	100	24
		Novo México	100	24
		Peru	1000	18
			100 <sup>§§</sup>	
		Texas	1000 <sup>***</sup>	14
		Washington	100	24
2,4 D (ácido 2,4dicloro fenoxiacético)	94-75-7	Argentina	1,1*	2
			0,6 <sup>+</sup>	
			0,3 <sup>§</sup>	
Dalapon (2,2-DPA)	75-99-0	Austrália e Nova Zelândia	4	3
Dicamba	1918-00-9	Canadá	0,006	12
Diclofop-methyl	-	Canadá	0,18	12

Dinoseb	88-85-7	Canadá	16	12
Diuron	330-54-1	Austrália e Nova Zelândia	2	3
Ésteres ftalatos	-	Peru	0,3	18
Ferro	7439-89-6	Austrália e Nova Zelândia	200**	3
		Zelândia	10000 <sup>++</sup>	
		Canadá	5000	12
		FAO	5000	13
		Nevada	5000	24
		Texas	5000 <sup>§§</sup>	14
			20000 <sup>***</sup>	
		Washington	5000	24
Fluoreto	7681-49-4	Austrália e Nova Zelândia	1000**	3
		Zelândia	2000 <sup>++</sup>	
		Canadá	1000	12
		FAO	1000	13
		Nevada	1000	24
		Texas	1000 <sup>§§</sup>	14
			15000 <sup>***</sup>	
		Washington	1000	24

Fósforo	7723-14-0	Austrália e Nova	50**	3
		Zelândia	800-12000 <sup>++</sup>	
Glifosato	1071-83-6	Argentina	0,13*	2
			0,06 <sup>+</sup>	
			0,04 <sup>§</sup>	
Linuron	330-55-2	Argentina	0,12*	2
			0,06 <sup>+</sup>	
			0,03 <sup>§</sup>	
		Canadá	0,071	12
Lítio	7439-93-2	Austrália e Nova	2500**	3
		Zelândia	2500 <sup>++</sup>	
		Brasil	2500 <sup>+++</sup>	4
			2500 <sup>§§§</sup>	
		Canadá	2500	12
		FAO	2500	13
		Texas	2500 <sup>§§, ***</sup>	14
Washington	2500	24		
Manganês	7439-96-5	Austrália e Nova	200**	3
		Zelândia	10000 <sup>++</sup>	
		Canadá	200	12



		Colorado	20	24
		FAO	200	13
		Nevada	200	24
		Texas	200 <sup>§§</sup>	14
			10000 <sup>***</sup>	
		Washington	200	24
MCPA (ácido 2-metil4- clorofenoxi acético)	94-74-6	Canadá	0,025	12
Mercúrio	7439-97-6	Austrália e Nova Zelândia	2 <sup>**,++</sup>	3
		Peru	10	18
Metolaclo	51218-45-2	Canadá	28	12
Metribuzin	21087-64-9	Argentina	3,3 <sup>*</sup>	2
			1,7 <sup>+</sup>	
			1 <sup>§</sup>	
		Canadá	0,5	12

Molibdênio	7439-98-7	Austrália e Nova	10**	3
		Zelândia	50**	
		Canadá	10-50	12
		FAO	10	13
		Novo México	1000	24
		Texas	10 <sup>\$\$</sup>	14
			50***	
		Washington	10	24
Níquel	7440-02-0	Argentina	35	2
		Austrália e Nova	200**	3
		Zelândia	2000**	
		Canadá	200	12
		Colorado	20	24
		FAO	200	13
		Nevada	200	24
		Texas	200 <sup>\$\$</sup>	14
	2000***			
	Washington	200	24	
Nitrato	14797-55-8	Peru	100	18

Nitrito	14797-65-0	Colorado	1000	24
Nitrogênio	7727-37-9	Austrália e Nova	5000**	3
		Zelândia	25000- 125000**	
Selênio	7782-49-2	Austrália e Nova	20**	3
		Zelândia	50**	
		Canadá	20-50	12
		Colorado	20	24
		FAO	20	13
		Nevada	50	24
		Novo México	130-250	24
		Peru	50	18
		Texas	20 <sup>§§</sup>	14
			20***	
	Washington	20	24	
Simazina	122-34-9	Canadá	0,5	12
Tebutiuron	34014-18-1	Canadá	0,2	12

Urânio	7440-61-1	Austrália e Nova	10**	3
		Zelândia	100 <sup>++</sup>	
		Canadá	10	12
Vanádio	7440-62-2	Austrália e Nova	100**	3
		Zelândia	500 <sup>++</sup>	
		Brasil	100 <sup>+++</sup> , §§§	4
		Canadá	100	12
		FAO	100	13
		Novo México	100	24
		Texas	100 <sup>§§</sup>	14
			1000 <sup>***</sup>	
	Washington	100	24	
Zinco	7440-66-6	Argentina	539*	2
			269 <sup>+</sup>	
			157 <sup>§</sup>	
		Austrália e Nova	2000**	3
		Zelândia	5000 <sup>++</sup>	
		Canadá	1000-5000	12
		Colorado	200	24
	FAO	2000	13	
	Nevada	2000	24	

Novo México	2000	24
Peru	25000	18
Texas	2000 <sup>§§</sup>	14
	10000 <sup>***</sup>	
Washington	2000	24

---

\* Taxa de irrigação  $\leq 3500 \text{ m}^3/\text{ha}$  (água sem filtrar); <sup>+</sup>  $3500 < \text{Taxa de irrigação} \leq 7000 \text{ m}^3/\text{ha}$  (água sem filtrar); <sup>§</sup>  $7000 < \text{Taxa de irrigação} \leq 12000 \text{ m}^3/\text{ha}$  (água sem filtrar).

\*\* Máxima concentração de contaminante na água de irrigação que pode ser tolerada, assumindo 100 anos de irrigação, fundamentado na proteção de plantas e organismos.

<sup>++</sup> Máxima concentração de contaminante na água de irrigação que pode ser tolerada por um período menor de tempo, 20 anos, fundamentado na proteção de plantas e organismos.

<sup>§§</sup> Longo tempo de uso; <sup>\*\*\*</sup> Curto tempo de uso;

<sup>+++</sup> Classe 1/2; <sup>§§§</sup> Classe 3;

<sup>\*\*\*\*</sup> sem filtrar

Arg: Argentina; Aus/NZ: Austrália/Nova Zelândia; Bra: Brasil; Can: Canadá; Col: Colorado; FAO: *Food and Agriculture Organization*; Nev: Nevada; Nov Mex: Novo México; Tex: Texas; Was: Washington.

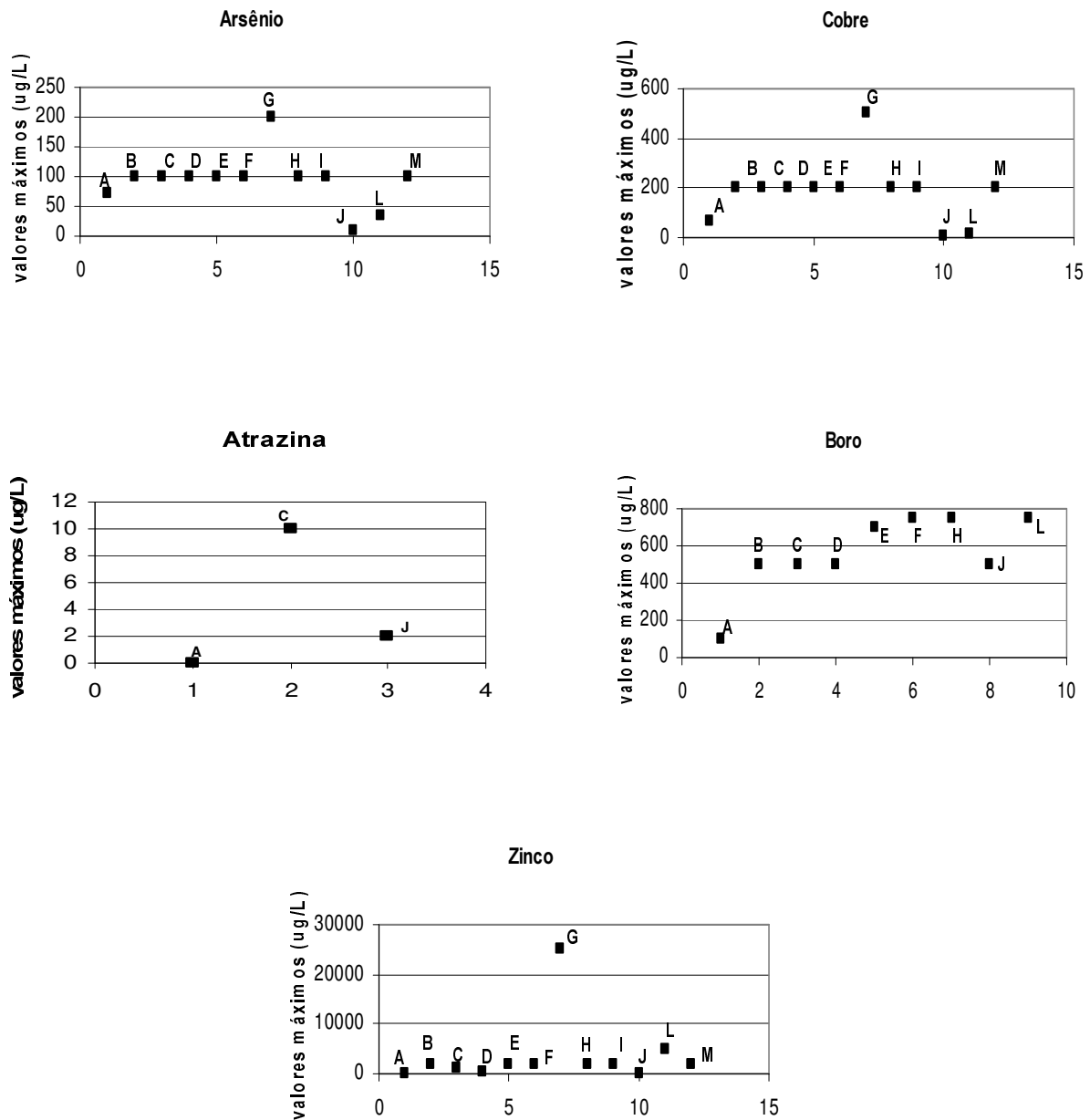


Figura 1. Exemplos de valores máximos das substâncias químicas para a água de irrigação nas diferentes regulamentações. (A) Argentina, (B) Austrália/Nova Zelândia, (C) Canadá, (D) Colorado, (E) Nevada, (F) Novo México, (G) Peru, (H) Texas, (I) Washington, (J) Brasil, classe 1 e 2 (múltiplos usos), (L) Brasil, classe 3 (múltiplos usos), (M) FAO.

### 3. DISCUSSÃO

Os valores máximos permitidos na água destinada à irrigação nas diferentes regulamentações pesquisadas apresentaram algumas vezes grande variação. A explicação para essas diferenças pode estar nos fatores referentes ao cálculo dos valores máximos permitidos das substâncias químicas aceitáveis na água de irrigação.

Os valores máximos permitidos para o alumínio (5000 $\mu\text{g/L}$ ), arsênio (100  $\mu\text{g/L}$ ), berílio (100  $\mu\text{g/L}$ ), cádmio (10  $\mu\text{g/L}$ ), cobalto (50  $\mu\text{g/L}$ ), cobre (200  $\mu\text{g/L}$ ), crômio total (100  $\mu\text{g/L}$ ), ferro (5000  $\mu\text{g/L}$ ), fluoreto (1000  $\mu\text{g/L}$ ), lítio (2500  $\mu\text{g/L}$ ), manganês (200  $\mu\text{g/L}$ ), molibdênio (10  $\mu\text{g/L}$ ), níquel (200  $\mu\text{g/L}$ ), selênio (20  $\mu\text{g/L}$ ) e vanádio (100  $\mu\text{g/L}$ ) são muito semelhantes nas diferentes regulamentações avaliadas. Porém, para substâncias como atrazina, boro, chumbo, mercúrio, metribuzin e zinco os valores limite variam bastante (tabela 1).

Segundo a FAO, os íons de maior preocupação em relação a concentrações fitotóxicas no solo e na água de irrigação são o sulfato, o cloreto e o boro, este último geralmente encontrado no ambiente na forma de borato e boro silicato (FAO, 1972; AUSTRALIA & NEW ZEALAND, 2000). São ainda relatados com freqüência outros problemas associados à qualidade da água de irrigação, como por exemplo, altas concentrações de nitrogênio, bicarbonato, ferro entre outros (FAO, 1972). Entretanto, dentre as regulamentações avaliadas, o cloreto e o nitrogênio são contemplados por um único país (Canadá e Austrália / Nova

Zelândia, respectivamente), o sulfato e o bicarbonato não apresentam valores máximos definidos e o boro apresenta valores variados nas diferentes regulamentações. O ferro é o único a apresentar valores com uma certa similaridade nas regulamentações avaliadas.

Em geral, a Argentina e o Peru foram os países que mais destoaram dos demais em relação aos valores máximos. No que diz respeito ao Peru, os valores máximos permitidos para muitas substâncias químicas foram muito diferentes do restante das regulamentações (tabela 1 e figura 1).

Um dos fatores que parece contribuir para a diferença entre as concentrações máximas aceitáveis de uma mesma substância nas diferentes regulamentações é a taxa de irrigação efetiva anual (IR) que cada país ou entidade considera para o cálculo da concentração máxima aceitável (SMATC). A Argentina possui 3 valores distintos para irrigação para cada substância química, devido às taxas de irrigação consideradas: até 3500 m<sup>3</sup>/ha, entre 3500 e 7000 m<sup>3</sup>/ha e entre 7000 e 12000 m<sup>3</sup>/ha (Tabela 1). A FAO considera como taxa efetiva anual 10000 m<sup>3</sup>/ha. Por outro lado, países como o Canadá utilizam no cálculo o pior cenário, considerando uma taxa de irrigação de 12000 m<sup>3</sup>/ha, que seria compatível, teoricamente, ao terceiro valor da Argentina.

Além das diferenças entre as taxas de irrigação anuais consideradas em cada país ou região, os dados toxicológicos usados na obtenção do valor de concentração máxima aceitável no solo (ASC) ou da taxa de aplicação aceitável (AAR) podem apresentar diferenças. Os dados de efeitos fitotóxicos podem ser referentes a diferentes espécies vegetais que foram escolhidas segundo a



importância econômica e social destas culturas para cada região e do tipo de vegetação característica, ou seja, nativa de cada país ou estado.

Como já citado anteriormente, a legislação brasileira (BRASIL, 2005) é fundamentada em usos múltiplos (consumo humano prevendo-se diferentes níveis de tratamento, proteção da biota aquática, irrigação, dessedentação de animais, aquicultura entre outros usos), sendo o valor mais restritivo aquele que aparece nas tabelas de cada uma das classes de qualidade. Como consequência as substâncias passam a ser legisladas com um mesmo valor para os diferentes usos. Desta forma, se adotarmos os valores máximos permitidos para as classes que incluem a irrigação em seus usos (classes 1, 2 ou 3, dependendo do tipo de consumo da cultura pelo ser humano) teríamos que inviabilizar a utilização da água para a irrigação em muitos casos desnecessariamente, levando a um possível desperdício do recurso hídrico. Tal fato pode ser confirmado observando os valores que o Brasil adota para alguns compostos químicos, nas classes que prevêm o uso da água para irrigação, que são extremamente restritivos em comparação com as demais regulamentações pesquisadas. Este fato pode ser verificado para o alumínio, arsênio, berílio (classes 1/2), cádmio (classes 1/2), chumbo, cobre, ferro (classes 1/2), manganês (classe 1/2), mercúrio (classes 1/2), metolacoloro, níquel, selênio (classes 1/2) e zinco (classes 1/2) (BRASIL, 2005).

A situação oposta também pode acontecer: quando os valores para consumo humano ou de proteção da biota de determinadas substâncias forem mais permissivos em comparação com os de irrigação, pode ocorrer a utilização inadequada da água para este fim, com a possibilidade de promover toxicidade às

plantas. Ao avaliar a legislação brasileira podemos verificar algumas substâncias químicas com valores mais permissivos, como por exemplo, para o cobalto (classe 3), fluoreto, glifosato, manganês (classe 3), selênio (classe 3), simazina, urânio e zinco (classe 3) (BRASIL, 2005).

#### **4. CONCLUSÕES**

Os valores máximos permitidos adotados por diferentes países para o uso da água na irrigação são fundamentados em resultados de fitotoxicidade, independem da origem da água e variam entre si devido às diferenças climáticas, diferentes taxas de irrigação e diferentes espécies de plantas a serem protegidas.

Os valores máximos permitidos para o uso da água na irrigação não estão ainda estabelecidos para muitas substâncias potencialmente fitotóxicas, o que indica a necessidade de mais estudos, não só no Brasil como em outros países, para a obtenção das concentrações máximas seguras para a água de irrigação para as substâncias químicas de relevância de cada país.

As informações obtidas neste trabalho reforçam a necessidade de dados de fitotoxicidade das substâncias utilizadas em nosso meio frente às espécies vegetais sensíveis de importância para o Brasil, bem como de levantamentos de contaminação e do uso do solo para subsidiar a escolha de padrões de qualidade de água em legislações futuras ou para o aprimoramento daquelas já vigentes.

Devido à extensão geográfica, aos diferentes cenários de uso e ocupação do solo encontrados no Brasil, bem como ao grande número de variáveis específicas envolvidas no cálculo, sugere-se que os valores máximos permitidos das substâncias químicas para a água de irrigação sejam preferencialmente de caráter regional.

Como podem existir grandes diferenças entre os valores máximos permitidos em função dos diferentes usos da água, a separação dos padrões por usos individualizados parece ser mais adequada para um gerenciamento racional do recurso hídrico e para o desenvolvimento do país de forma sustentável.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARGENTINA. Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación. **Metodología para el establecimiento de niveles guia de calidad de agua ambiente para riego**. Online. Disponível em: <[http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/calidad\\_del\\_agua\\_met.htm](http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/calidad_del_agua_met.htm)> Acesso em: 17 jun.2005.
2. \_\_\_\_\_. Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación. **Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente**. Online. Disponível em: <[http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/documentos/calidad/base\\_niveles\\_guia.xls](http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/documentos/calidad/base_niveles_guia.xls)> Acesso em: 19 jan. 2005.
3. AUSTRALIAN AND NEW ZEALAND ENVIRONMENT AND CONSERVATION COUNCIL, AGRICULTURE AND RESOURCE MANAGEMENT COUNCIL OF AUSTRALIA AND NEW ZEALAND. **Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality 2000**. Disponível em: <<http://www.deh.gov.au/water/quality/nwqms/volume1.html>> p.4.1-1 - 4.2-15; 9.2-1 a 9.2-103. Acesso em 15 jan. 2005.
4. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Classifica as águas do Território Nacional. Resolução n. 357, 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 58-63, mar., 2005.

5. CETESB. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 2001-2003**. Relatório Técnico, São Paulo, p.146, 2004.
  
6. CETESB. **Relação de áreas contaminadas**. Online. Disponível em:  
<[http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/áreas\\_contaminadas/relacao\\_areas.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/áreas_contaminadas/relacao_areas.asp)>  
Acesso em: 17 abril. 2006.
  
7. BRASIL. Ministério da Saúde. Aprova a norma de qualidade da água para consumo humano. Portaria n. 518, 25 de março de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, p.266-270, mar., 2004.
  
8. CLAUSEN, J. et al. A case study of contaminants on military ranges: Camp Edwards, Massachusetts, USA. **Environmental Pollution**, v.129, n.1, p13-21, 2004.
  
9. DALVIE, M.A. et al. Contamination of rural surface and groundwater by endosulfanin farming areas of the Western Cape, South Africa. **Environmental Health**, v.2, n.1, p.1, 2003.

10. ENVIRONIC FOUNDATION INTERNATIONAL. **Global water data**. Online. Disponível em: <<http://envirofoundation.org/issues/waterff.html>> Acesso em: 24 maio. 2005.
  
11. ENVIRONMENT CANADA. **Protocols for deriving water quality guidelines for the protection of agricultural water uses (irrigation and livestock water), 1993**. Online. Disponível em: <[http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/Html/water\\_protocol-agriculture.cfm](http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/Html/water_protocol-agriculture.cfm)> Acesso em: 16 mar. 2005.
  
12. \_\_\_\_\_. **Canadian Environmental Quality Guidelines 2003**. Online. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/ceqg/water/default.cfm>> Acesso em: 20 jan. 2005.
  
13. FAO. Food and agriculture organization. **Water quality for agriculture, 1972**. Online. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCREP/003/T0234E/T0234E01.htm>> Acesso em: 17 fev. 2006
  
14. FIPPS, G. **Irrigation water quality standards and salinity management strategies, 1999**. Online. Disponível em: <<http://tcebookstore.org/pubinfo.cfm?pubid=94>> Acesso em: 22 jan. 2005.

15. FURTADO, M.R. Reciclo impuliona uso de membranas. **Química e Derivados**, n.347, p.19, 1997.
16. OHE, T. et al. Mutagens in surface waters: a review. **Mutation Research**, v.567, n.2-3, p.109-149, 2004.
17. PARNIS, C.; BROOKS, P. Semi-volatile organic compounds in the Campaspe River System (Victoria, Australia). **Water Research**, v.35, n.8, p.1861-1868, 2001.
18. PERU. Decreto Supremo n. 261-69-AP de 13 de diciembre de 1969. **Lei general de aguas**. Online. Disponível em: <<http://www.cepes.org.pe/legisla/aguas/reglamentos/ds-261-69-ap.htm>>; Título II, capítulo IV. [Decreto Supremo n. 261-69-AP de 13 de diciembre de 1969, modificado em 29 jan 2003]. Acesso em: 21 jan. 2005.
19. REIMAN, C.; BANKS, D. Setting action levels for drinking water: Are we protecting our health or our economy (or our backs!)? **Science of the Total Environment**, v.332, n.1-3, p.13-21, 2004.

20. ROYCHOWDHURY, T. et al. Effect of arsenic-contaminated irrigation water on agricultural land soil and plants in West Bengal, India. **Chemosphere**, v.58, n.6, p.799-810, 2005.
21. SILVIA, R.L.B. et al. Estudo de contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis conseqüências para a saúde pública no Município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v.18, n.6, p.1599-1607, 2002.
22. UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **The United Nations world water development report, 2003**. Online. Disponível em: <[http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/ex\\_summary/index\\_es.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/ex_summary/index_es.shtml)> Acesso em: 6 dez. 2004.
23. UNITED STATES. Environmental Protection Agency, 2004. Online. Disponível em: <<http://www.epa.gov/waterscience/criteria/nrwqc-2004.pdf>> Acesso em: 18 mar. 2005.
24. UNITED STATES. Washington State Department of Ecology. **Establishing surface water quality criteria for the protection of irrigation water, 2002**. Online. Disponível em: <<http://www.ecy.wa.gov/pubs/0010073.pdf>> Acesso em: 18 jan. 2005.



25. URAMA, KC. Land-use intensification and environmental degradation: empirical evidence from irrigated and rain-fed farms in south eastern Nigeria. **Journal of Environmental Management**, v.75, n.3, p.199-217, 2005.
  
26. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. Online. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2004/pr67/en/>> Acesso em: 17 mar. 2005.
  
27. WYCISK, P. et al. Groundwater pollution and remediation options for multi-source contaminated aquifers (Bitterfeld/Wolfen, Germany). **Toxicology Letters**, v.140-141, p.343-351, 2003.

**CAPÍTULO 3- COMPARAÇÃO DE DIFERENTES REGULAMENTAÇÕES PARA  
A ÁGUA DE DESSEDENTAÇÃO DE ANIMAIS.**

## **CAPÍTULO 3-**

### **COMPARAÇÃO DE DIFERENTES REGULAMENTAÇÕES PARA A ÁGUA DE DESSEDENTAÇÃO DE ANIMAIS.**

#### **1. INTRODUÇÃO**

A importância da água de boa qualidade como nutriente essencial para os animais tem sido freqüentemente subestimada. Manter a qualidade da água para esta finalidade é importante para a preservação da saúde do animal, para garantir a saúde do homem e a economia relativa à produção de alimentos.

A literatura indica que a presença de substâncias tóxicas em concentrações acima das permitidas na água consumida pelos animais pode diminuir a produção de carne, gordura, ovos, leite, reduzir a fertilidade, prejudicar o desempenho dos animais, além de constituir um risco à saúde animal e humana, devido à ingestão de resíduos, eventualmente presentes nos produtos de origem animal (HAPKE, 2000; PÉREZ-CARRERA & FERNÁNDEZ-CIRELLI, 2005). Entretanto, não são muitos os trabalhos relatados na literatura a respeito deste assunto.

Em diversas regiões do mundo vem sendo observada uma elevada concentração de fluoreto na água de dessedentação de animais (SHUPE et al., 1984; CHOUBISA, 1999). Choubisa (1999) constatou a fluorose dental e esquelética em bovinos e búfalos na região da Índia onde a concentração de fluoreto na água variava de 1,5 a 4,0 mg/L. Nas regiões com as maiores

concentrações de fluoreto, 100% dos bezerros, 65,6% dos búfalos e 61% dos bovinos, apresentaram fluorose dental. No que diz respeito a fluorose esquelética, 7,4% dos bovinos e 15,1% dos búfalos foram acometidos por danos ósseos. Nos animais, com idade avançada e cuja concentração de fluoreto da água era de 2,8 mg/L, observou-se também claudicação em membro pélvico, rigidez e exostosis.

Shupe et al (1984) observaram que nos Estados Unidos, veados, alces e bisões apresentavam fluorose dental e esquelética causada pelas altas concentrações de fluoreto em água para a dessedentação e na vegetação consumida pelos animais. Ossos irregulares, com mineralização desorganizada e inadequada, foram verificados em todas as espécies.

Diversos compostos, encontrados no meio ambiente e na água, podem reproduzir ações inerentes aos hormônios reprodutivos e, conseqüentemente, causar uma disfunção no sistema neuroendócrino ou diretamente nas gônadas (VEERAMACHANENI, 2000). Alguns estudos realizados em coelhos demonstraram que a exposição a octilfenol, DDT, DDE, arsênio, benzeno, crômio, chumbo, ftalatos, clorofórmio, tricloroetileno, produtos de desinfecção, dentre outras substâncias encontradas na água de beber dos animais, podem promover o aparecimento de criptorquidismo, carcinoma testicular *in situ*, falta de interesse sexual e falha na produção de espermatozóides (VEERAMACHANENI, 2000).

Pérez-Carrera & Fernández-Cirelli (2005) detectaram grandes concentrações de arsênio nas águas subterrâneas da província de Cordoba, uma importante zona produtora de leite na Argentina. Como a água subterrânea da região era a principal fonte de água usada na dessedentação de animais, foi

também realizada a análise de amostras de leite. Os autores indicaram que todas as amostras de água provenientes do lençol freático (poços de 2 a 15m de profundidade) apresentaram concentrações de arsênio acima do valor que causa efeito crônico em gado (150 µg/L). As amostras de águas oriundas de poços profundos (80 a 150m de profundidade) não apresentaram níveis de arsênio acima do valor permitido. As concentrações de arsênio no leite variaram de 2,8 a 10,5 ng/g no gado das fazendas que utilizavam água do lençol freático e apresentaram uma média de 0,5 ng/g no gado das fazendas que utilizavam água dos poços profundos. Uma amostra chegou a exceder o valor máximo permitido de arsênio em leite de 10ng/g, segundo a Federação Internacional de Laticínios (PÉREZ-CARRERA & FERNÁNDEZ-CIRELLI, 2005).

Tendo em vista a grande quantidade de efeitos adversos, que podem ocorrer, relacionados à má qualidade da água destinada ao uso animal, este estudo teve como objetivo levantar os critérios de qualidade para o uso da água na dessedentação de animais, no que diz respeito às substâncias químicas, presentes nas páginas eletrônicas dos órgãos responsáveis pela regulamentação desse uso em diversos países e analisar como os mesmos são estabelecidos.

### **1.1. Estabelecimento de valores limite para o uso da água na dessedentação de animais**

Os valores limite para contaminantes na água destinada ao uso animal são derivados de dados toxicológicos em relação às espécies que integram a produção animal de cada cenário ou região (ENVIRONMENT CANADA, 1993; AUSTRALIA & NEW ZEALAND, 2000). Para a derivação destes valores, geralmente estimam-se no mínimo três estudos de toxicidade que apresentem informações sobre pelo menos três espécies de mamíferos de produção animal, onde pelo menos 2 delas devem ser existentes no país em questão, sendo uma delas necessariamente ruminante (ENVIRONMENT CANADA, 1993; ARGENTINA, 2005a). No que diz respeito às aves, são exigidos no mínimo dois estudos de toxicidade que apresentem informações sobre pelo menos duas espécies aviárias de produção animal, devendo pelo menos uma delas existir no país em questão. Preferencialmente, os dados toxicológicos utilizados são referentes a estudos de toxicidade crônica (ENVIRONMENT CANADA, 1993). Quando não se dispõe de informação toxicológica suficiente, podem ser estabelecidos valores máximos de caráter provisório (ARGENTINA, 2005a). Esta alternativa permite incluir o uso de informações sobre espécies não compreendidas na produção animal e deve contar com um mínimo de dados considerados pelo país para cada espécie animal (ARGENTINA, 2005a).

Após a obtenção das informações toxicológicas, calcula-se para cada espécie animal o ingresso diário tolerável (TDI) para o parâmetro tóxico em questão, em  $\text{mg.Kg}^{-1}/\text{dia}$ , através da menor dose na qual se observa um efeito

adverso (LOAEL), da dose na qual não se observa um efeito adverso (NOAEL) e de um fator de incerteza (UF), geralmente igual a 10, conforme a fórmula a seguir (ENVIRONMENT CANADA, 1993; AUSTRALIA & NEW ZEALAND, 2000; ARGENTINA, 2005a):

$$TDI = (LOAEL \times NOAEL)^{0,5} / UF$$

Se o valor de NOAEL for desconhecido, pode ser utilizada a razão  $NOAEL = LOAEL/5,6$ . Esta expressão é proveniente de avaliações estatísticas realizadas pelo Environment Canada sobre a razão LOAEL/NOAEL para diferentes animais expostos a um grupo de praguicidas, sendo o valor de 5,6 referente ao limite superior com um intervalo de confiança de 95% (ARGENTINA, 2005a; ENVIRONMENT CANADA, 1993).

No caso de se dispor apenas de dados de toxicidade aguda, o valor de NOAEL pode ser estimado através da dose letal 50 (LD 50), da razão de toxicidade aguda e crônica (ACR) considerada 70 e o fator de incerteza (UF) (ENVIRONMENT CANADA, 1993; ARGENTINA, 2005a):

$$TDI = (LD\ 50 / ACR) / UF$$

Em seguida, a concentração de referência do contaminante (RC) em mg/L para cada espécie estudada pode ser obtida através da fórmula descrita a seguir,

que considera o TDI, a massa corporal da espécie (BW) em Kg e a ingestão diária de água por indivíduo da espécie (WIR) em L/dia (ENVIRONMENT CANADA, 1993; ARGENTINA, 2005a):

$$RC = (TDI \times BW) / WIR$$

Como os animais podem ser expostos às substâncias químicas através de outras fontes além da água de beber (inalação, absorção dérmica, ração, entre outras fontes), a porcentagem de contribuição da água de dessedentação de animais como fonte de exposição deve ser levada em consideração (ENVIRONMENT CANADA, 1993). A Argentina, a Austrália e o Canadá geralmente adotam o valor de 20%, mas é importante ressaltar que este valor pode variar dependendo da substância química (AUSTRALIA & NEW ZEALAND, 2000; ENVIRONMENT CANADA, 2003; ARGENTINA, 2005a). Esses dados são fundamentados na contribuição da água de beber para humanos, já que, até o momento, não existem dados específicos para os animais (ENVIRONMENT CANADA, 2003). Sendo assim, o valor máximo permitido (MAV) considerando 20% da concentração de referência, seria calculado como a seguir:

$$MAV = RC \times 0,2$$



## 2. RESULTADOS

Foram encontrados os valores máximos permitidos específicos para o uso da água na dessedentação de animais na Argentina, Austrália/Nova Zelândia, Canadá e nos estados americanos do Colorado, Nevada e Washington. Embora o Peru não tenha valores máximos específicos para dessedentação de animais, pois estes estão incluídos na mesma classe de água usada para irrigação, os valores máximos usados por este país foram utilizados para efeito de comparação. Foram, também, utilizadas as concentrações máximas sugeridas pela organização internacional *Food and Agriculture Organization* (FAO).

A Resolução 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, legislação que classifica os corpos de água superficiais do Território Nacional, inclui na classe 3 o uso da água na dessedentação de animais, dentre vários outros usos. Portanto, somente os valores máximos referentes a esta classe foram apresentados para efeito de comparação, mesmo não sendo específicos para o uso de dessedentação de animais.

A tabela 1 compila os valores máximos de todas as substâncias químicas encontradas na literatura pesquisada (PERU, 1969; FAO, 1972; AUSTRALIA AND NEW ZEALAND, 2000; ENVIRONMENT CANADA, 2003; ARGENTINA, 2005; UNITED STATES, 2005), incluindo os valores da legislação brasileira para múltiplos usos (BRASIL, 2005). Observa-se que a regulamentação do Canadá é a que possui maior número de substâncias químicas regulamentadas para o uso da água na dessedentação de animais, dentre aquelas avaliadas neste estudo.

Das 68 substâncias regulamentadas pelos vários países/estados pesquisados, somente 25 são contempladas na legislação brasileira. Das 25 substâncias presentes na regulamentação nacional, verifica-se que 17 têm valores que diferem das demais regulamentações avaliadas. Somente quatro substâncias estão presentes em todas as regulamentações avaliadas e destas, para alumínio, chumbo e cromo total os valores máximos permitidos da legislação brasileira diferem de qualquer uma das outras regulamentações.

As substâncias que apresentaram maior variação no valor máximo quando observadas as diferentes regulamentações foram o arsênio, cádmio, cromo, mercúrio e zinco. A figura 1 ilustra a diferença entre os valores máximos permitidos que mais variaram entre as regulamentações pesquisadas.

Tabela 1. Valores máximos permitidos para o uso de água na dessedentação de animais.

Composto	CAS number	País ou Estado	Limites µg/L	Bibliografia
Aldicarb	116-06-3	Austrália e Nova Zelândia	11	3
		Canadá	11	7
Alumínio	7429-90-5	Austrália e Nova Zelândia	5000	3
		Brasil	200	4
		Canadá	5000	7
		FAO	5000	8
		Novo México	5000	13
		Washington	5000	13
Arsênio	7440-38-2	Argentina	67 <sup>*</sup>	2
			195 <sup>+</sup>	
			67 <sup>§</sup>	
		Austrália e Nova Zelândia	500	3
		Brasil	33	4

		Canadá	25	7
		Colorado	200	13
		FAO	200	8
		Novo México	200	13
		Peru	200	11
		Washington	200	13
Atrazina	1912-24-9	Brasil	2	4
		Canadá	5	7
Berílio	7440-41-7	Brasil	100	4
		Canadá	100	7
		FAO	100	8
Boro	7440- 42 -8	Austrália e Nova Zelândia	5000	3
		Brasil	750	4
		Canadá	5000	7
		Colorado	5000	13
		FAO	5000	8
		Novo México	5000	13
		Washington	5000	13

Bromacil	314-40-9	Canadá	1100	7
Bromoxinil	1689-84-5	Austrália e Nova Zelândia	11	3
		Canadá	11	7
Cádmio	7440-43-9	Argentina	140 <sup>*</sup>	2
			80 <sup>+</sup>	
			80 <sup>§</sup>	
		Austrália e Nova Zelândia	10	3
		Brasil	10	4
		Canadá	80	7
		Colorado	50	13
		FAO	50	8
		Novo México	50	13
		Peru	50	11
	50	13		
		Washington		
Cálcio	7440-70-2	Austrália e Nova Zelândia	1000000	3
		Canadá	1000000	7

Captan	133-06-2	Canadá	13	7
Carbaril	63-25-2	Brasil	70	4
		Canadá	1100	7
Carbofuran	1563-66-2	Austrália e Nova Zelândia	45	3
		Canadá	45	7
Chumbo	7439-92-1	Argentina	68 <sup>*.§</sup>	2
			110 <sup>+</sup>	
		Austrália e Nova Zelândia	100	3
		Brasil	33	4
		Canadá	100	7
		Colorado	100	13
		FAO	100	8
		Novo México	100	13
		Peru	100	11
		Washington	100	13
Cianazina	21725-46-2	Austrália e Nova Zelândia	10	3

		Canadá	10	7
Clorados	7647-14-5	Colorado	1500000	13
Clorofórmio	67-66-3	Canadá	100	7
Clorotalonil	1897-45-6	Austrália e Nova Zelândia	170	3
		Canadá	170	7
Clorpirifós	2921-88-2	Canadá	24	7
Cobalto	7440-48-4	Austrália e Nova Zelândia	1000	3
		Brasil	200	4
		Canadá	1000	7
		FAO	1000	8
		Novo México	1000	13
		Washington	1000	13
Cobre	7440-50-8	Argentina	30 <sup>*</sup>	2
Total			1520 <sup>+</sup>	
			30 <sup>§</sup>	

		Austrália e Nova Zelândia	500	3
		Brasil	13	4
		Canadá	500-5000	7
		Colorado	500	13
		FAO	500	8
		Novo México	500	13
		Peru	500	11
		Washington	500	13
Crômio	-	Argentina	20	2
Total		Austrália e Nova Zelândia	1000	3
		Brasil	50	4
		Canadá	50 **	7
			50 **	
		Colorado	1000	13
		FAO	1000	8
		Novo México	1000	13
		Peru	1000	11
		Washington	1000	13
Deltametrin	52918-63-5	Canadá	2,5	7



Dibromo	124-48-1	Canadá	100	7
Clorometano				
Dicamba	1918-00-9	Austrália e Nova Zelândia	122	3
		Canadá	122	7
Diclofop -metil	51338-27-3	Austrália e Nova Zelândia	9	3
		Canadá	9	7
Dicloro	75-27-4	Canadá	100	7
Bromometano				
1,2- Dicloroetano	107-06-2	Brasil	10	4
		Canadá	5	7
Diclorometano	75-09-2	Canadá	50	7
Dimetoato	60-51-5	Austrália e Nova Zelândia	3	3
		Canadá	3	7

Dinoseb	88-85-7	Austrália e Nova	150	3
		Zelândia		
		Canadá	150	7
Ésteres Ftalatos	-	Peru	0,3	11
Etil Benzeno	100-41-4	Canadá	2,4	7
Fenóis	-	Brasil	10	4
		Canadá	2	7
Fluoreto	7681-49-4	Austrália e Nova	2000	3
		Zelândia		
		Brasil	1400	4
		Canadá	1000-2000	7
		Colorado	2000	13
		FAO	2000	8
		Washington	2000	13
Glifosato	1071-83-6	Austrália e Nova	280	3
		Zelândia		
		Brasil	280	4
		Canadá	280	7

Herbicidas fenoxilados	-	Canadá	100	7
Hexacloro Benzeno	118-74-1	Canadá	0,52	7
Lindano	58-89-9	Brasil	2	4
		Canadá	4	7
Linuron	330-55-2	Argentina	12	2
Magnésio	7439-95-4	FAO	250000 <sup>\$\$</sup>	8
			400000 <sup>***</sup>	
			500000 <sup>+++</sup>	
Manganês	7439-96-5	FAO	50	8
MCPA ácido 2-metil 4- clorofenoxi acético	94-74-6	Canadá	25	7

Mercúrio	7439-97-6	Austrália e Nova Zelândia	2	3
		Brasil	2	4
		Canadá	3	7
		Colorado	10	13
		FAO	10	8
		Novo México	10	13
		Peru	10	11
		Washington	10	13
Metolaclor	51218-45-2	Canadá	50	7
Metribuzin	21087-64-9	Canadá	80	7
Molibdênio	7439-98-7	Austrália e Nova Zelândia	150	3
		Canadá	500	7
		Washington	500	13
N-Nitrato	14797-55-8	Austrália e Nova Zelândia	400000	3
			(como nitrato)	
		Brasil	10000	4

		Colorado	100000	13
		Peru	100	11
N-Nitrito	14797-65-0	Austrália e Nova Zelândia	30000	3
			(como nitrito)	
		Brasil	1000	4
		Canadá	10000	7
		Colorado	10000	13
		FAO	10000	8
		Washington	10000	13
Nitrato + Nitrito	-	Canadá	100000	7
		FAO	100000	8
		Washington	100000	13
Níquel	7440-02-0	Austrália e Nova Zelândia	1000	3
		Brasil	25	4
		Canadá	1000	7
Picloran	1918-02-1	Canadá	190	7

Rádio 226 e 228	7440-14-4	Novo México	30	13
Selênio	7782-49-2	Austrália e Nova Zelândia	20	3
		Brasil	50	4
		Canadá	50	7
		FAO	50	8
		Novo México	50	13
		Peru	50	11
		Washington	50	13
		Simazina	122-34-9	Austrália e Nova Zelândia
Canadá	10			7
Sulfato	-	Austrália e Nova Zelândia	1000000	3
		Brasil	250000	4
		Canadá	1000000	7
Tebutiuron	34014-18-1	Austrália e Nova Zelândia	130	3
		Canadá	130	7

Tetraclorometano	56-23-5	Canadá	5	7
Tolueno	108-88-3	Canadá	24	7
Triatato	2303-17-5	Austrália e Nova Zelândia	230	3
		Canadá	230	7
Tributiltin (óxido)	56-35-9	Canadá	250	7
Tribromometano	75-25-2	Canadá	100	7
Triciclohexiltin	13121-70-5	Canadá	250	7
1,1,2- Tricloroetano, TCE	79-01-6	Canadá	50	7
Trifeniltin	76-87-9	Canadá	820	7
Trifluralin	1582-09-8	Austrália e Nova Zelândia	45	3
		Canadá	45	7

Trítio	10028-17-8	Novo México	20000	13
Urânio	7440-61-1	Austrália e Nova Zelândia	200	3
		Brasil	20	4
		Canadá	200	7
Vanádio	7440-62-2	Brasil	100	4
		Canadá	100	7
		FAO	100	8
		Novo México	100	13
		Washington	100	13
Zinco	7440-66-6	Austrália e Nova Zelândia	20000	3
		Brasil	5000	4
		Canadá	50000	7
		Colorado	25000	13
		FAO	24000	8
		Novo México	25000	13
		Peru	25000	11
		Washington	25000	13



\* água sem filtrar, para mamíferos

+ água sem filtrar, para aves

§ água sem filtrar, aplicável à mamíferos e aves

\*\* crômio III

++ crômio VI

§§ aves, porcos, cavalos, vacas leiteiras e ovelhas com filhotes

\*\*\* gado de corte

+++ carneiros adultos tratados com alimentação seca

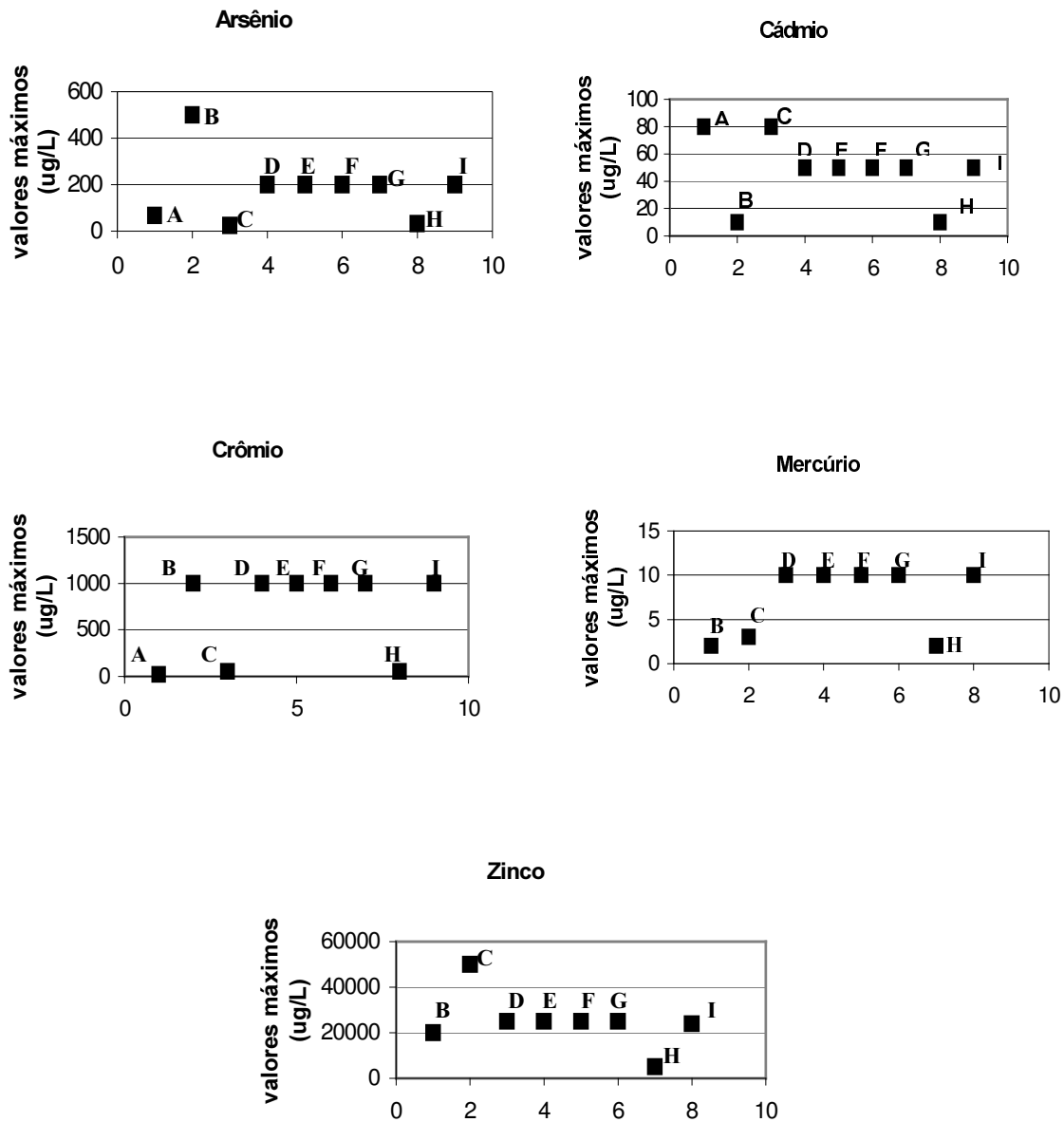


Figura 1. Comparação de valores máximos permitidos das substâncias que apresentaram maior variação nos valores máximos permitidos para água de dessedentação de animais nas diferentes regulamentações. (A) Argentina, (B) Austrália/ Nova Zelândia, (C) Canadá, (D) Colorado, (E) Novo México, (F) Peru, (G) Washington, (H) Brasil e (I) FAO.

### 3. DISCUSSÃO

Os valores máximos permitidos para as substâncias químicas variaram dentre as diferentes regulamentações estudadas para algumas substâncias, apesar de quase constituir consenso para outras. Como a legislação brasileira é organizada de forma a contemplar diferentes usos em uma mesma classe de qualidade, os valores máximos permitidos são bastante diferentes daqueles adotados para o uso específico de dessedentação de animais nos outros países/estados.

Muitos valores limite presentes na classe 3 são referentes ao uso para abastecimento humano e proteção da vida aquática e não a dessedentação de animais. Sendo assim, na maioria dos casos, a concentração máxima legislada no país é mais restritiva do que as regulamentações de outros países/estados, exceção feita somente para 1,2 dicloroetano e fenóis (tabela 1).

Além disso, o Brasil apresenta valores máximos permitidos para algumas substâncias químicas que não estão previstas nas outras regulamentações para dessedentação de animais. Por outro lado, foram encontrados 43 compostos em regulamentações de outros países que não estão presentes na legislação brasileira. Novamente este equívoco pode ser explicado pelo agrupamento, numa mesma classe, de valores máximos para múltiplos usos na legislação vigente no país, não específicos para o uso da água destinada aos animais e/ou devido à importância regional destes compostos para cada país ou estado.

Os valores máximos permitidos especificamente para o uso de dessedentação de animais para alumínio ( $5000\mu\text{g/L}$ ), boro ( $5000\mu\text{g/L}$ ), chumbo ( $100\mu\text{g/L}$ ), cobalto ( $1000\mu\text{g/L}$ ), cobre ( $500\mu\text{g/L}$ ), fluoreto ( $2000\mu\text{g/L}$ ) e vanádio ( $100\mu\text{g/L}$ ) parecem constituir um consenso mundial. Entretanto, para outros compostos estes valores podem variar consideravelmente. As substâncias que tiveram maior variação entre os valores regulamentados nas diferentes legislações foram arsênio, cádmio, cromo, mercúrio e zinco. Este fato é interessante já que não são escassas informações toxicológicas para esse tipo de substância (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1981; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1991; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1992; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1997).

Somente quatro compostos são regulamentados por todos países/estados/organizações levantados no estudo e algumas substâncias químicas são regulamentadas por apenas um ou dois países. Esta verificação pode estar relacionada ao fato de que, geralmente, as regulamentações sobre critérios de qualidade estão fundamentadas em cenários específicos de cada país/estado. Assim, algumas substâncias podem ter importância para algumas regiões e não serem tão importantes para outras.

É importante ressaltar que a escolha das espécies de onde serão oriundos os dados toxicológicos é fundamental para derivar corretamente os valores máximos, visto que a ingestão de água por indivíduo (WIR), utilizada no cálculo da concentração de referência do contaminante (RC), varia não somente entre as espécies, mas também depende do tipo de produção a que estão vinculados. O

consumo de água por gado de abate, por exemplo, é geralmente menor do que o consumo de água por vacas leiteiras (AUSTRALIA AND NEW ZEALAND, 2000). Portanto, as variações encontradas nos valores máximos permitidos de diferentes regulamentações podem ter origem nas diferentes atividades econômicas desenvolvidas em cada país/estado.

Por outro lado, a ingestão de água é também influenciada pelas condições climáticas da região, pelo tipo de comida consumida pelos animais, pelo estágio de crescimento no qual o animal se encontra e pela característica ruminante ou monogástrica destes (AUSTRALIA AND NEW ZEALAND, 2000).

#### **4. CONCLUSÃO**

Os valores máximos permitidos para substâncias químicas nas águas utilizadas na dessedentação de animais são derivados de dados toxicológicos em relação às espécies animais que integram a produção animal de cada cenário e região, da massa corporal da espécie, da ingestão diária de água por indivíduo e de um fator de incerteza.

Para o estabelecimento de valores limite na dessedentação de animais é necessário verificar não somente que espécies animais de relevância para a região devem ser protegidas bem como as diferentes atividades pecuárias desenvolvidas no país/estado.

Diversos fatores, como variações climáticas, tipo de alimentação e fase de crescimento do animal podem também interferir no consumo de água, e conseqüentemente, alteram o valor da concentração de referência.

Um vasto número de substâncias químicas ainda não possui valores máximos estabelecidos para o uso da água na dessedentação de animais, o que reforça a necessidade de maiores estudos nesta área no sentido de obter concentrações máximas seguras.

As informações obtidas neste trabalho sugerem a necessidade de aprimoramento da legislação brasileira, no que diz respeito à separação dos padrões de qualidade por uso da água, permitindo assim uma melhor gestão dos recursos hídricos. Para isso, são necessários estudos para a obtenção de dados de toxicidade das substâncias mais relevantes em nosso meio frente às espécies animais de importância, em relação às atividades a que estão vinculadas, para o estabelecimento de valores máximos permitidos que assegurem a proteção da saúde dos animais e das atividades econômicas do país.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARGENTINA. Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación. **Metodología para el establecimiento de niveles guía de calidad de agua ambiente para bebida de especies de producción animal.** Online. Disponível em: <[http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/calidad\\_del\\_agua\\_met.htm](http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/calidad_del_agua_met.htm)> Acesso em: 17 jun. 2005.
  
2. \_\_\_\_\_. Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación. **Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente.** Online. Disponível em: <[http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/documentos/calidad/base\\_niveles\\_guia.xls](http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/documentos/calidad/base_niveles_guia.xls)> Acesso em: 19 jan. 2005.
  
3. AUSTRALIAN AND NEW ZEALAND ENVIRONMENT AND CONSERVATION COUNCIL, AGRICULTURE AND RESOURCE MANAGEMENT COUNCIL OF AUSTRALIA AND NEW ZEALAND. **Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality 2000.** Disponível em: <<http://www.deh.gov.au/water/quality/nwqms/volume1.html>> p.4.1-1 - 4.2-15; 9.2-1 a 9.2-103. Acesso em: 15 jan. 2002.

4. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Classifica as águas do Território Nacional. Resolução n. 357, 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, p.58-63, mar., 2005.
  
5. CHOUBISA, S.L. Some observation on endemic fluorosis in domestic animals in Southern Rajasthan (India). **Veterinary Research Communications**, v.23, n.7, p.457-465, 1999.
  
6. ENVIRONMENT CANADA. **Protocols for deriving water quality guidelines for the protection of agricultural water uses (irrigation and livestock water)**, 1993. Online. Disponível em: <[http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/Html/water\\_protocol-agriculture.cfm](http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/Html/water_protocol-agriculture.cfm)> Acesso em: 16 mar. 2005.
  
7. \_\_\_\_\_. **Canadian Environmental Quality Guidelines 2003**. Online. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/ceqg/water/default.cfm>> Acesso em: 20 jan. 2005.
  
8. FAO. Food and Agriculture Organization. **Water quality for agriculture**. Online. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCREP/003/T0234E/T0234E07.htm>> Acesso em: 17 fev. 2006.



9. HAPKE, H.J. Effect of drinking water on animals health: toxicologic health risks. **Deutsche Tierärztliche Wochenschrift**, v.107, n.8, p.335-336, 2000.
10. PÉREZ- CARRERA, A.; FERNÁNDEZ- CIRELLI, A. Arsenic concentration in water and bovine milk in Cordoba, Argentina. Preliminary results. **Journal of Dairy Research**, v.72, p.122-124, 2005.
11. PERU. Decreto Supremo n. 261-69-AP de 13 de diciembre de 1969. **Lei general de aguas..** Online. Disponível em: <<http://www.cepes.org.pe/legisla/aguas/reglamentos/ds-261-69-ap.htm>>; Título II, capítulo IV. [Decreto Supremo n. 261-69-AP de 13 de diciembre de 1969, modificado em 29 jan 2003]. Acesso em: 21 jan. 2005.
12. SHUPE, J.L. et al. Fluoride toxicosis in wild ungulates. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.185, n.11, p.1295-1300, 1984.
13. UNITED STATES. Washington State Department of Ecology. **Establishing surface water quality criteria for the protection of irrigation water supplies.** Online. Disponível em: <<http://www.ecy.wa.gov/pubs/0010073.pdf>> Acesso em: 18 jan. 2005.

14. VEERAMACHANENI, D.N. Deteriorating trends in male reproduction: idiopathic or environmental? **Animal Reproduction Science**, v.60-61, p. 121-130, 2000.
  
15. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **International Programme on Chemical Safety**. Genova; 1981. Criteria 18.
  
16. \_\_\_\_\_. **International Programme on Chemical Safety**. Genova; 1991. Criteria 118.
  
17. \_\_\_\_\_. **International Programme on Chemical Safety**. Genova; 1992. Criteria 134.
  
18. \_\_\_\_\_. **International Programme on Chemical Safety**. Genova; 1997. Criteria 188.